

以 MATLAB 為平台進行可見光域即時目標選定與辨識

郎崇年¹, 蕭富元^{2*}
淡江大學航空太空工程學系^{1,2}

摘要

本研究旨在探討利用 MATLAB 及視訊裝置進行即時目標物的選取與辨識。機器視覺的研究與應用，近年來越來越受到重視，所使用的發展平台也各有不同。MATLAB 是一個高階程式語言，素來以矩陣運算聞名，而數位影像在電腦中即是以陣列來儲存與表示，因此 MATLAB 在影像處理上是相當理想的選擇。本研究探討在可見光域下，如何進行即時目標物選取與辨識。在現今的技術中，由於可見光域的色彩變化豐富，所以在做目標物的影像辨識時，都是透過預先設定好的特徵值來達成目標。目前做法在某些情形下，應用性較差。本研究則結合現有的影像處理技術，然後自己發展一套演算法，並在 MATLAB 上實現這套演算法，使之能做到可見光域下即時目標選定與辨識，並能隨時改變欲辨識或追蹤的目標物。本文亦提供各種不同環境下的模擬結果，以驗證本研究所發展之成果。

關鍵字：即時影像辨識、影像處理、可見光域、MATLAB

設備的落後，與可見光域影像的不易處理。

近幾年來機器視覺的發展相當熱門，加上現今電腦的運算速度大幅提升，使電腦在彩色影像的計算上加快許多；市面上也有許多輕巧、高畫質的視訊設備產品，價位便宜又方便取得，因此發展如電影中情節般的技術門檻，已大幅降低。近來對於影像處理的應用越來越多樣；陳延銓於 2010 的研究中利用 MATLAB 作為開發平台，應用影像處理與最小平方方法捕捉海岸線做飛行導航，並且用運用影像直方圖法，對所要追蹤之目標物進行色調濾波來提取目標物 [1]。在文獻 [2] 的研究中，利用影像相減法與邊緣偵測將移動物體與背景分離後追蹤該物體，並將其應用至監控系統上。文獻 [3] 研究中以影像處理的基礎下，引入模糊邏輯 (Fuzzy Logic)，利用頭部外型與膚色建構一套監控系統，用於銀行人員進出辨識。也有研究採用類神經網路演算法，擷取目標物部分特徵作為訓練依據，經由訓練找出特徵所形成的權重後，再以相同的權重來計算後續輸入的圖像，比對其與目標值差異，做文字亦或是臉部辨識。文獻 [4] 中作者提出抓取臉部特徵放入類神經網路進行訓練後，建構成資料庫作為人臉表情辨識之用。文獻 [5] 中作者是先以邊緣偵測方式對視訊拍攝到的文字進行邊緣偵測，並以影像處理方式強化其邊緣後，再使用類神經網路將文字訓練存成資料庫後，之後便可直接用視訊將文字讀出。在網路層面的應用上，邱健明的研究中則利用膚色與部分煽情文字做色情資訊過濾 [6]。François 於 2004 年的研究中以影像矩 (Image Moment) 的方式將目標物外型建構出模型，並利用此方式分割目標物 [7]。在文獻 [8] 中，作者則提出以 Moment Invariants 分析影像後，以四種不同的類神經網路來分類影像，訓練目標物影像不同的角度與變化後，將其訓練結果存成資料庫，並比較四種類神經網路的處理結果。

本研究中，我們希望能做到即時選取目標物，並且即時計算其特徵值，再與接下來輸入

1 前言

在電影中，常常會出現下列情節：一架無人飛機搭載著攝影機，在目標區上方盤旋，並將影像即時回傳至遠方的控制室。待目標出現後，控制室的主管下令操作員在螢幕上點選目標，之後電腦便自行分析目標的特徵，並啟動無人機自行追蹤該目標。此一情節看似簡單且自然，但現今卻仍無類似產品。此乃受限於過去影像、電腦等

*Corresponding Author, Email: fyhsiao@mail.tku.edu.tw

的影像做比對，以辨識目標物，並取得目標物在影像中的位置。其中 MATLAB 矩陣運算的能力相當強大，而影像在電腦的呈現方式也是以陣列形式組成，因此本研究即是使用 MATLAB 作為開發平台、設計演算法並編撰程式，並將 MATLAB 程式包成執行檔後放入單板電腦中，且於地面站建構一圖形化使用者介面 (GUI)，以方便操作員使用。

具體來說，本研究使用 MATLAB 做為演算法測試及實驗平台，以現有的影像處理方法為基礎，發展出一套演算法則，藉以實現即時目標選定與辨識的目標。當視訊設備擷取影像後，會將畫面回傳至地面控制站，操作員在地面站電腦框選所要辨識的目標物後，電腦會把影像從 RGB 空間轉到 HSI 空間，取出其色調值 H(Hue Value)，然後計算色調的平均值與標準差，本研究選取一倍標準差作為目標物二值化的閾值(Threshold)。以中通濾波濾除雜訊後，再使用膨脹侵蝕將目標物外型補齊，並且依各物體外型不同，計算其影像矩 (Image Moment) 做為目標物外型的代表。本研究以色調與影像矩共同做為目標物的特徵值，再將之應用在後續的辨識中，並佐以粒子濾波法 (Particle Filter) 或位置加權法作為另一辨識校準機制，來修正影像矩的辨識結果，其研究方法如圖 1 所示。

值得一提的是，地面站只有在初次目標選定與分析時，參與運算，並將所計算出之目標物特徵值上傳至機載電腦，此後便只擔任監控任務，不再直接參與後續目標辨識，除非地面操作員下令變更追蹤目標。而機載電腦收到地面站所分析出之目標物特徵值後，便依此命令做為後續辨認目標之用。為因應目標物可能移動或轉向，造成顏色或投影形狀發生變化，機載電腦會依據所追蹤到之目標，自行計算新的目標物特徵值後，再以此新的特徵值做為下一輪辨識之用，之後便如此不斷地自我更新，直到接收到地面站新一筆的追蹤命令。

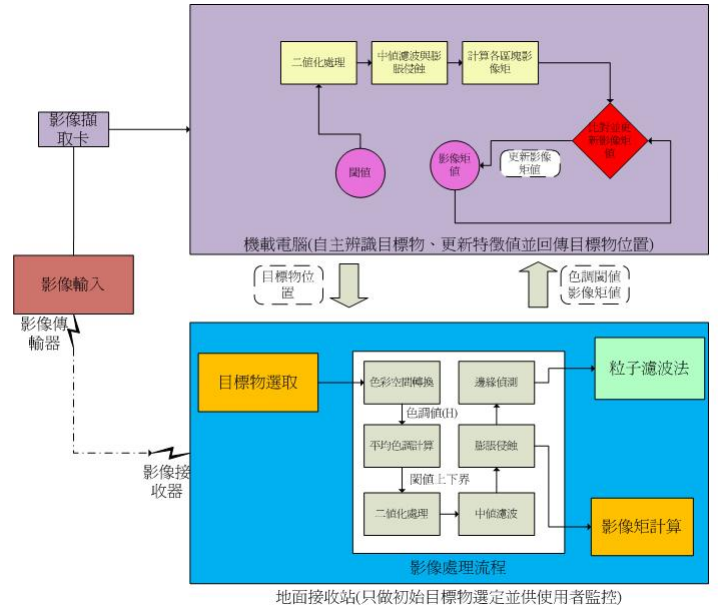


圖 1: 研究方法流程圖

2 數位影像處理

數位影像處理的目的是將輸入的影像經過處理後，讓影像簡單化，方便研究人員分析，並從處理過後的影像中取得所需的資訊。傳統上，彩色影像在電腦中，多是以紅綠藍 (RGB) 色彩空間呈現。也就是說，影像中所有的顏色，都是以 RGB 三色依不同比例混合而成。但是些微的亮度變化便會影響 RGB 的混成比例，較不易進行分析。且在 RGB 空間中，一次要考慮三層陣列，在處理上亦較花費時間。因此本研究將影像轉換到較符合人眼直覺的色調-飽合度-光強度 (HSI) 色彩空間，取出目標物的平均色調值，並且利用標準差來訂定上下界閾值後，對影像進行後續處理。其處理流程如圖 2 所示。

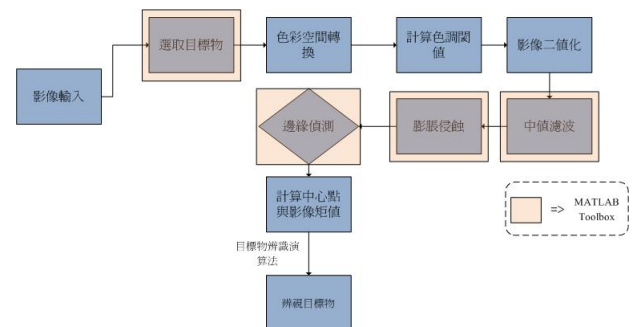


圖 2: 目標物辨識流程圖

2.1 HSI 色彩空間、二值化

HSI 色彩空間是將 RGB 三原色空間轉換成以色調 (Hue)、飽和度 S(Saturation)、亮度 I(Intensity) 三個值所組成的色彩空間。HSI 與人

眼辨識色彩的方式較為接近，因此較方便處理。

從視訊擷取圖片後，先將圖片從 RGB 空間轉到 HSI 空間，轉換公式如 (1) 到 (4) 所示 [1]。

$$H = \begin{cases} \theta & \text{if } B < G \\ 360 - \theta & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R - G) + (R - B)]}{[(R - G)^2 + (R - G)(R - B)]^{1/2}} \right\} \quad (2)$$

$$S = 1 - \frac{3}{R + G + B} [\min(R, G, B)] \quad (3)$$

$$I = \frac{R + G + B}{3} \quad (4)$$

其中 H 為色調， S 為飽和度， I 為光強度， R 、 G 、 B 為色彩在 RGB 空間中的紅色 (R)、綠色 (G) 與藍色 (B) 的亮度大小值。

在得到整張圖像的色調值後，便會選定某個閾值，將目標物與背景區隔開來，此一做法稱為二值化。二值化可以消除影像許多不必要的資訊，保留所需要的區塊，公式如 (5) 所示。

$$g(i, j) = \begin{cases} 1 & T_{min} \leq h(i, j) \leq T_{max} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

其中 $h(i, j)$ 為原始色調矩陣， T_{min} 與 T_{max} 為所選取的閾值。

在以往的研究中，都是事先擁有目標物的資訊，並依此資訊訂出閾值的上下界。而本研究目標物為任意選取，無法事先掌握目標物的色域分佈狀況，所以本研究採用該物體的平均色調作為依據，並計算其標準差。假設目標物大小為 $m \times n$ 個像素 (pixel)，其色調值的平均值與標準差公式如 (6), (7) 所示。

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n h(i, j) \quad (6)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [h(i, j) - \mu]^2} \quad (7)$$

其中 μ 為平均值， σ 為標準差。本研究以一倍標準差做為二值化的閾值上下界。在統計學上，取一倍標準差的範圍，代表涵括 70% 左右的色調

範圍。若取二倍標準差，則會涵蓋至 90%，很容易就會將背景顏色涵括進來。因此本研究上下界閾值的選取如 (8), (9) 所示。其中 T_{min} 為閾值下界， T_{max} 為閾值上界。

$$T_{max} = \mu + \sigma \quad (8)$$

$$T_{min} = \mu - \sigma \quad (9)$$

2.2 中值濾波、膨脹侵蝕、邊緣偵測

經過二值化之後後，背景中與目標物顏色相近之處也會留下來，成為雜訊，這些雜訊會影響捕捉目標物的準確率。因此本研究使用中值濾波來濾除這些雜訊。中值濾波乃使用一個遮罩矩陣，將遮罩矩陣內部的像素值取出來後，數值由小到大重新排列，然後取其中間的值去替代原本該點的值，作為該點像素的替換值。其替換的表示如圖 3 所示。

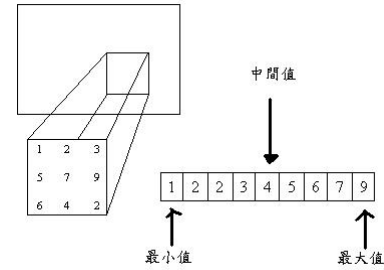


圖 3: 中值濾波方式 [1]

經過中值濾波後，在圖塊上通常會有部分被不當刪除，導致圖形產生缺陷；或是某些雜訊殘留在目標物圖塊內，經由中值濾波時未能將其過濾。為了將這些缺陷補齊，本研究中以膨脹 (dilation) 與侵蝕 (erosion) 的方式來將缺陷改善。膨脹和侵蝕的原理是利用一自訂大小的矩陣，對圖像矩陣作 \oplus 與 \ominus 的運算，膨脹的數學表示如式 (10) 所示；而侵蝕數學表示如 (11) 所示。

$$A \oplus B = \{z | (\hat{B})_z \cap A \neq \phi\} \quad (10)$$

$$A \ominus B = \{z | B_z \subseteq A\} \quad (11)$$

其中， A 為二值化圖像矩陣， B 為自訂矩陣， \hat{B} 為反映矩陣 B 的結構元素， z 為像素位置的集合 [12][13]。

在得到物體的完整圖塊後，便對其施以邊緣偵測、求取重心與求取影像矩之運算，以做為之後目標辨識之用。邊緣偵測是以遮罩方式將矩陣內的元素取出作運算，一般常見的是以 sobel 的

方式做邊緣偵測，sobel 數學式如 (12) 到 (14) 所示。

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} * g(i, j) \quad (12)$$

$$G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & +2 & +1 \end{bmatrix} * g(i, j) \quad (13)$$

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (14)$$

* 為 2-D 迴旋積運算，2-D 迴旋積運算如圖4與 (15), (16) 表示； G_x 、 G_y 分別為對 x 與對 y 方向邊緣偵測計算後的梯度值。

$$G_x \approx \frac{f(x + \Delta x, y) - f(x - \Delta x, y)}{2 \Delta x} \quad (15)$$

$$G_y \approx \frac{f(x, y + \Delta y) - f(x, y - \Delta y)}{2 \Delta y} \quad (16)$$

透過 (15), (16)， G_x 、 G_y 則可以以遮罩形式對影像進行迴旋積運算，如 (17), (18) 表示。sobel 運算子則是以此進行計算，但加重中間像素的權重。由此我們便可得到邊緣偵測的圖像。

$$G_x \approx \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (17)$$

$$G_y \approx \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (18)$$

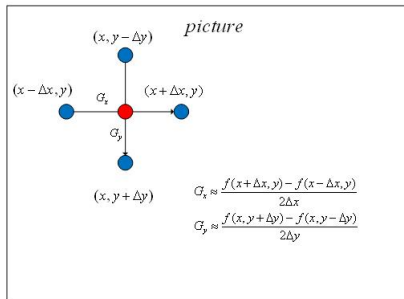


圖 4: 2-D 迴旋積運算

2.3 影像矩

使用顏色來區別物體，最大的挑戰就是遇到相同顏色的物體，因此本研究亦將外形作為區別物體的依據。在資訊科學中，物體的外形有許多不同的表示法，本研究採用影像矩表示法。使用影像矩有兩個好處，首先，它計算速度比較快。

因為本研究希望能將成果應用於即時目標物辨識，因此計算速度對我們來說很重要。雖然影像矩相對於其它較複雜的演算法而言，對外形辨識能力比較不精確，但可提高運算速度，且經過首輪的顏色過濾後，應該稍有補足。再者，當物體在移動時，除了平移，也會有轉動的現象。若以固定模板去套用，便需要龐大的模板庫才能解決這問題。使用影像矩來定義外形的好處是，當物體旋轉時，其影像矩是不會變化的。所以可以減少資料庫的容量。本研究是採用 Central Moment 的方式計算物體影像矩，其公式如 (19) 所示：

$$M_{22} = \sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n g(x, y) [(x_i - x_c)^2 + (y_j - y_c)^2] \quad (19)$$

x 、 y 為像素點在 x 、 y 方向的位置， x_c 、 y_c 為影像中心點的 x 、 y 座標， $g(x, y)$ 為經過二值化後的圖像。在選取我們所要追蹤的目標物後，透過 (19) 去計算其影像矩值。之後輸入的每一張圖片，經初步顏色判別後，若仍遺留二個以上的區塊待辨識，則將這些區塊的影像矩與目標物影像矩做比對，以便最後確認何者為目標物。

2.4 粒子濾波法應用與影像辨識

粒子濾波法是以數值法實現貝氏估測法 (Bayesian Estimator)[17]，粒子濾波法計算方式如下：

1. 系統和量測方程式表示如 (20) 與 (21)：

$$x_{k+1} = f_k(x_k, w_k) \quad (20)$$

$$y_k = h_k(x_k, v_k) \quad (21)$$

雜訊 w_k 與 v_k 假設為獨立、白雜訊且知道其機率分佈。

2. 假設機率分佈的初始狀態 $p(x_0)$ 為已知，基於 $p(x_0)$ 的機率分佈隨機建立 N 個粒子。這些粒子群由 $x_{0,i}^+$ ($i = 1, \dots, N$) 表示。變數 N 必須由使用者從計算負擔與準確率取捨。

3. $k = 1, 2, \dots$ ，作法如下面步驟：

(a) 定義前粒子群 $x_{k,i}^-$ ，其定義如 (22)：

$$x_{k,i}^- = f_{k-1}(x_{k-1}^+, w_{k-1}^i), \quad i = 1, \dots, N) \quad (22)$$

(b) 由量測值 y_k 的條件計算每個粒子的相對可能性 q_i 。

(c) 正規化相對可能性 q_i ，如 (23) 所示：

$$q_i = \frac{q_i}{\sum_{j=1}^N q_j} \quad (23)$$

(d) 從相對可能性 q_i 重新取樣，建立後粒子群 $x_{k,i}^+$ 。

(e) 進行遞迴計算。

攝影機輸入的影像經過影像處理後，會產生多塊雜訊圖塊，我們點選目標物後，擷取目標物圖塊做邊緣偵測，將邊緣偵測後的圖塊設定為估測用的粒子群，利用邊緣吻合方式找出最大可能性的圖塊作為辨識結果，並與影像矩法進行比對，其作法如圖5所示。估測用的粒子群設定方式如(24)所示。

$$X_i^- = I_{re}^i + w_n, \quad i = 1 \dots N$$

$$N \in \text{Numbers of Particle.} \quad (24)$$

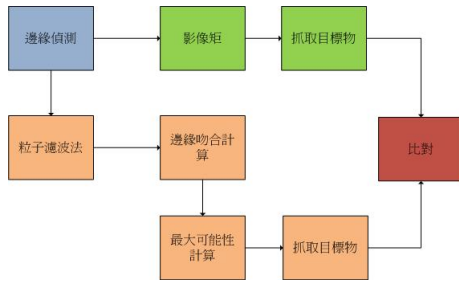


圖 5: 比對處理方式

I_{re}^i 為經過邊緣偵測後的圖塊， X_i^- 為前估測粒子群， i 為所需的粒子數目， w_n 為隨機設定的白雜訊。

由於在影像上無法去定義系統的狀態空間，因此我們便以所要偵測之目標物作為我們初始的狀態。當我們建立好前估測粒子群後，我們需要定義我們的量測值，量測值定義則如 (25) 所示。

$$y_i = I_{ce}^i, \quad i = 1 \dots N$$

$$N \in \text{Numbers of Image} \quad (25)$$

I_{ce}^i 為所有濾波過後的圖塊， y_i 為所量測到的圖塊值。

本研究中利用邊緣吻合的作法對每個圖塊進行計算，再對其結果正規化，由此來計算每個粒子的相對可能性。其計算方式如 (27) 所示。

$$m_i = \sum_x \sum_y I_{ce}^i(x, y) - I_{re}^i(x, y) \quad (26)$$

$$q_i = \frac{m_i}{\text{All Pixels}} \quad (27)$$

m_i 為每個圖塊減去目標物圖塊後，邊緣吻合點的總和； q_i 為每個粒子基於量測值的相對可能性。當目標物圖塊外型與量測圖塊的外型越吻合時，其相對可能性就越大。由此計算其相對可能性後，我們便依照前一節所介紹的步驟，累加 q_i 並對其正規化，以這些相對可能性做為後估測粒子群，並且重新取樣建立新的粒子群，再繼續對圖像進行處理。整個粒子濾波的處理流程如圖6所示。

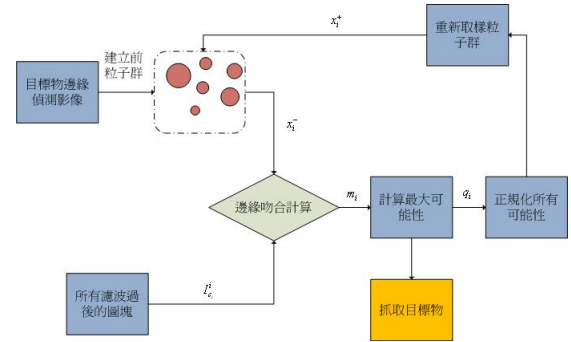


圖 6: 粒子濾波處理流程

2.5 MATLAB 介紹與處理結果

本研究使用的開發平台為 MATLAB。MATLAB 是一個以矩陣運算為基礎的程式，由 Mathwork 公司所開發而出。因為 MATLAB 使用矩陣方式運算，因此在影像處理上是相當便於使用的開發工具。本文使用 MATLAB 程式編寫演算法處理步驟，並且觀看其處理結果。

在攝影機獲取影像後，便先對該影像做影像。我們從原始影像中選取所要追蹤的目標物，計算目標物閾值上下界，對影像作二值化處理，從原始影像中將目標物取出，如圖 7 所示。

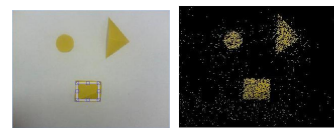


圖 7: (左圖) 選取目標物與待處理之原圖 (右圖) 影像處理結果與原圖疊合示意圖。由本圖可見，經過影像處理後，原圖中的物體可被辨認出來，但亦增加許多雜訊。

二值化處理後，仍會留下部分雜訊，因此本研究選擇對影像進行中值濾波，將多餘雜訊消除。此外，為了保持目標物的完整性，需再對影像做膨脹侵蝕處理，如圖 8 之範例所示。



圖 8: 由左而右為中值濾波與膨脹侵蝕後的結果

本文以物體的中心點代替該物體位置，在 MATLAB 中，可以用其內建的指令 regionprops 來計算。其結果如圖 9 所示。

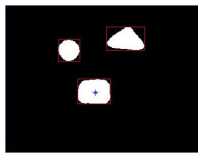


圖 9: 經過計算後框出並選取目標物

表 1: 不同形狀物體的影像矩值

圓形	矩形	三角形
1.2239×10^7	2.8091×10^7	3.9314×10^7

選取目標物後，便可計算該目標物的影像矩值。而三個不同形狀物體的影像矩值如表1所示。

3 實驗硬體設備與使用者介面

3.1 實驗硬體設備

本研究所用到的硬體有影像傳輸、接收器，影像擷取卡，機載電腦，視訊攝影機，個人電腦與筆記型電腦，如下圖10所示，實驗設備詳細規格請參考 [19]。



圖 10: 實驗硬體設備，左上與右上分別為影像傳輸器與接收器，左中與右中分別為影像擷取卡與視訊鏡頭，下方為機載電腦

本研究的實驗架構流程為先經由視訊鏡頭拍攝任一空拍影片，將影像分別傳至影像傳輸器與機載電腦，在地面站接收到影像後由使用者監控，在觀察到所要追蹤之目標物時，便擷圖並框選目標物，擷取下目標物後，計算目標物色調與外型特徵值，傳至機載電腦端，機載電腦在接收到特徵值後便對後續影像進行計算，自動辨識目標物，並將其位置傳回地面站以供地面站標示目標物，由使用者監控是否成功。實驗流程如圖1所示，模擬實驗的硬體架設實際情形如圖11所示。



圖 11: 硬體架設方式

3.2 圖形化使用者介面

本研究的地面站介面是使用 MATLAB 的 GUIDE 圖形化使用者介面進行開發，其介面如圖12所示。

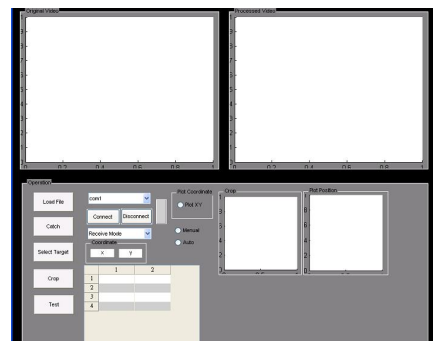


圖 12: 地面站介面

地面站與機載電腦的溝通，是以 MATLAB 的 TIMER FUNCTION 撰寫，因為 TIMER 可以設定多工處理，亦可精準掌握通訊時間。操作員於地面站選取目標物並計算初始特徵值後，由傳輸端傳至機載電腦，接收端便開始接收目標物位置，並且框出目標物，以供使用者監控，圖13為地面站的程式架構的示意圖。

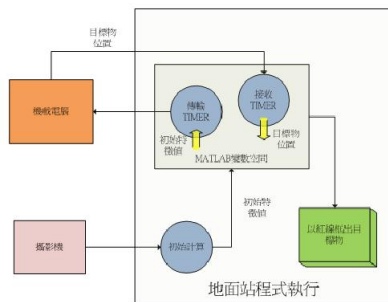


圖 13: 地面站程式架構

機載電腦端的程式也是以 MATLAB 撰寫，並使用 MATLAB 的 Deploytool 將所要計算的程式編輯為獨立執行檔，在機載電腦端安裝 MATLAB Compiler Runtime(MCR) installer 後，便可將所編輯的執行檔放至機載電腦端運行。機載電腦端也是以 TIMER 做平行運算，圖14為機載電腦端的程式執行架構。

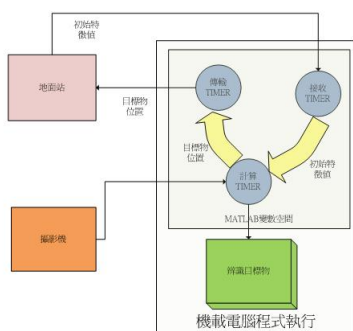


圖 14: 機載電腦端程式架構

4 實驗結果

4.1 演算法驗證

首先我們以同形狀不同顏色的物體，來測試閾值計算的準確性。本實驗以圓形木紋色紙作為測試標的，木紋色紙有深淺色交替，但基本色仍是淺咖啡色，主要在測試當物體並非均一顏色，而色彩分佈時，本研究所提出利用一倍標準差來決定閾值的做法，能否順利將目標與背景區隔開來。木紋色紙如圖 15 所示。



圖 15: 木紋色紙

本實驗用前述的方式，由電腦自動找出木紋色紙的閾值後，將之設定為目標物的特徵，再以同形狀不同顏色的物體作為干擾。在圖16我們先對單一木紋色紙做辨識，圖17及圖 18為分別加入不同顏色的色紙。由圖 16 至圖 18 可以發現，不管背景如何複雜，木紋色紙都可被正確鎖定。



圖 16: 木紋圓形色紙測試

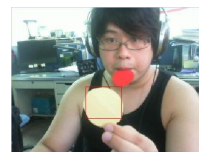


圖 17: 加入紅色色紙做為干擾



圖 18: 加入花色色紙做為干擾

接著，我們設計一實驗來驗證利用影像矩來代表外形的可行性。我們以幾個同顏色不同形狀的物體來進行實驗。如圖 19 所示，實驗中擺設了圓形、矩形及三角形三種黃色但不同形狀的色紙，然後選取矩形做為辨識之目標物，並且轉動矩形觀察是否可以捕捉到。如圖19到圖22所示，在各種不同的狀況下，本實驗都成功地鎖定欲追蹤的矩形色紙。

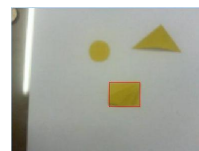


圖 19: 目標物擺正時

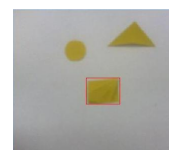


圖 20: 當視訊偏移某個角度時

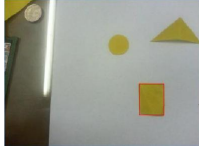


圖 21: 目標物橫擺時

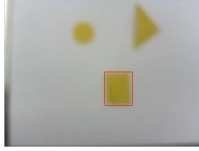


圖 22: 鏡頭對焦模糊時

由於這是在背景為單一色時的捕捉狀況，因此我們再以較複雜之背景，捕捉花色目標物做為測試。我們以圖23的花色梯型色紙做目標物，在複雜背景下的測試辨識效果。由此可直接驗證平均值計算與影像矩的辨識效果。接著，我們結合前兩個實驗，同時以顏色分佈與影像矩做為目標的特徵值，用以確認電腦能否自動產生好的特徵值，並將之用來做為目標物辨識之用。實驗結果如圖23及圖 24所示，再次確認本研究所發展出來的方法，在靜態系統的可行性。

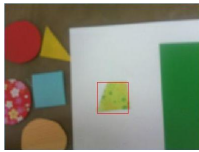


圖 23: 複雜背景下的捕捉效果



圖 24: 插入相同花色色紙做為干擾源的實驗結果

由圖可看出該演算法是可行的。事實上，就算將鏡頭拉遠讓背景更複雜，或改變視訊角度，電腦皆可正確鎖定目標，如圖25所示。本研究另一項目標則是不斷地重設追蹤物體，在圖26中，操作員臨時將目標物重設為水藍色小方塊，由圖 26 可見，電腦仍能正確鎖定新的目標物。

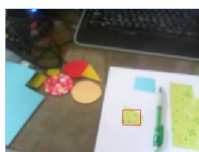


圖 25: 複雜背景與改變拍攝角度測試

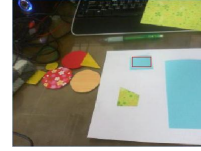


圖 26: 藍色矩形測試

由測試結果可看出，無論目標物怎麼移動旋轉，甚至因為鏡頭對焦模糊或是改變拍攝角度，根據本研究所提出的平均值與影像矩的綜合比對法，仍可正確辨識並鎖定目標物。且因影像矩是隨時間改變，因此在辨識上有更好的成功率。由於本研究欲將成果應用於「即時」目標辨識，故電腦運算的時間長短就非常重要。圖27為每次運算所需時間的統計圖。在實驗過程中，亦由操作員記錄電腦鎖定之物體是否為目標物，並定義：

$$\text{成功率} = \frac{\text{正確鎖定目標物影像數}}{\text{總處理影像數}} \times 100\% \quad (28)$$

表 2 則是統計每幀圖片運算所需的平均時間與辨識的平均成功率。從表2可知其處理時間平均為 10 Hz，成功率有 81.67%。

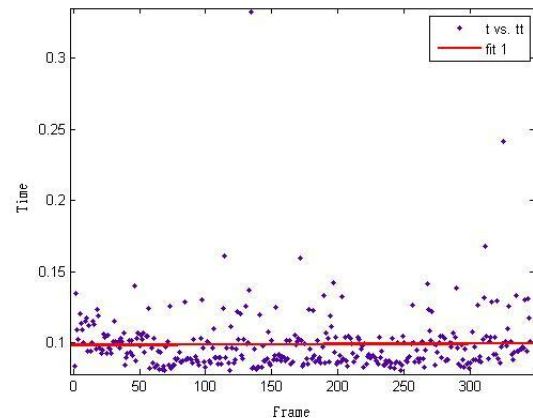


圖 27: 處理時間統計

表 2: 每幀圖平均處理時間與成功率統計

擷圖張數	平均處理時間	成功率
1	0.0992	81.67%

圖28為某次實驗影片的 20 張連續截圖，順序為由左而右，由上而下。目標設定為天空色的色紙，背景故意放置許多藍色物件作為雜訊測試，並且外加雜訊。由本實驗連續圖片可看出此演算法在追蹤目標物時，有很好的效率及成功率，實驗證明該演算法是可行的。



圖 28: 連續影像

4.2 動態實驗與應用範例

本節將介紹本研究的動態實驗與應用範例。我們依圖11的架構進行測試。

4.2.1 室內動態物體鎖定

本研究首先對一物體進行動態捕捉測試。本次測試共進行兩類實驗，分別是追蹤螺絲起子與追蹤瓶蓋。其中，追蹤瓶蓋則是為了測試粒子濾波法的可應用性。首先，所選取的目標物為一支藍綠色螺絲起子，背景則有接近其顏色的天空色物體做干擾測試，如圖29(左)所示。由圖29(右)看出經過演算處理後，雜訊相當少。圖30為實驗結果的連續影像。(完整影片請至 [20] 觀看)

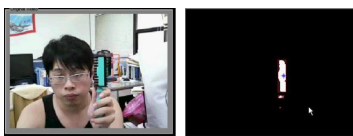


圖 29: (左) 實驗影片截圖 (右) 框選物體後的濾波結果



圖 30: 捕捉螺絲起子實驗 (順序為由左而右，由上而下)

接著是粒子濾波法的實驗成果。在實驗中，我們隨意拿一綠色寶特瓶進行實驗，選取該寶特瓶的瓶蓋作為目標物。



圖 31: (左上) 實驗影片截圖 (右上) 選取綠色瓶蓋 (左下) 二值化後結果 (右下) 選取瓶蓋的圖塊

擷取影像後，我們便框選綠色寶特瓶的瓶蓋，如圖31(右上)所示，然後我們一樣施以前述的影像處理流程，整個過程如圖31所示。

與上個例子不同的是，本演算法不再求取目標物之中心點位置，改以對目標物進行邊緣偵測，利用目標物外型的圖塊作為演算法中的估測粒子。此處我們為了計算效率，建立 10 顆前估測粒子群。接著將下一個時間點可能是目標物的圖塊，全部做為量測值，再利用這 10 顆粒子群對每一個圖塊進行邊緣吻合計算，計算且正規化每一個粒子對該圖塊的相對可能性後，將可能性較大的圖塊視為目標物，並用來替換最初建立的粒子群，如此不斷地重複估測步驟，直至任務結束。圖32為本研究之連續截圖。由本實驗可知，雖然瓶身與瓶蓋顏色相近，但透過影像處理與粒子估測法之合作，亦可達成即時目標選定與辨識的目標。(完整影片請至 [21] 觀看)



圖 32: 綠色寶特瓶蓋辨識實驗 (順序為由左而右，由上而下)

4.2.2 模擬空拍實驗

本研究之最終目標為使用 UAV 進行及時目標選定與辨識，然而基於經費與技術限制，目前本實驗室仍無 UAV 可供進行實驗，故以玩具小車模擬地上車輛，並以手持攝影機模擬機載攝影機，先用攝影機預錄影片，再對影片進行後處理。本研究亦分析電腦運算速度，以驗證本演算法的即時處理能力。由於飛機在空中拍攝目標物時，目標物的體積可能非常微小，因此我們利用小玩具模擬空拍目標物，並使用攝影機拍攝該大小的目標物，亦可測試本研究方法在目標物影像較小時的辨識效果。

本實驗於戶外進行，由於戶外的陽光會造成顏色的改變，產生更多雜訊，因此本次實驗同時以影像矩與粒子濾波兩種方式進行辨識，並將結果相互比較。在本次實驗中以橘色烏龜做為要辨識的目標物，如圖33所示，烏龜旁則放置玩具車作為干擾物。接著便如常地進行影像處理，並計算影相矩或是估測用粒子群。本次實驗以紅色方框代表影像矩計算結果，綠色方框則為粒子濾波計算結果。圖34為連續影像展示其實驗結果。(完整影片請至 [24] 觀看)



圖 33: 橘色烏龜目標物擷圖

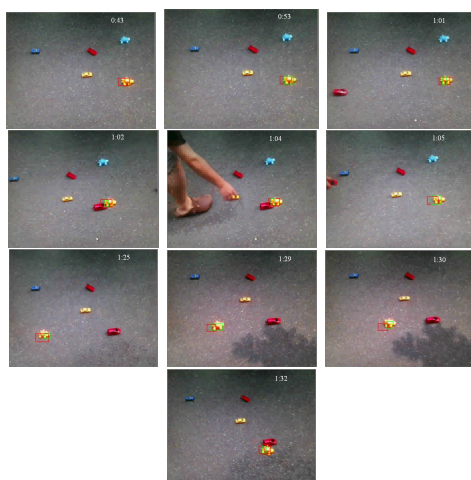


圖 34: 本圖用小汽車等物品模擬空拍，並同時用本研究中所提之兩種辨識法，同時進行運算並相互比較。(順序為由左而右，由上而下)

4.2.3 空拍靜態物體鎖定

如前所述，目前本實驗室仍無 UAV 可供進行實驗，故本節以現有之空拍影片進行模擬，並提供機載電腦處理速度，以證明本研究提出之演算法的可行性。

為了模擬機載攝影機所見狀況，我們從 YOUTUBE 下載一段空拍影片，透過投影機將之投影在大螢幕上，然後利用機載攝影機拍攝投影畫面，此畫面分別傳送到機載單板電腦與地面站電腦，如圖 11 所示，然後再以圖 1 架構進行實驗驗證。實驗結果如圖 35 所示，在本次實驗中，欲追蹤之物體設定為垃圾車。由於此影片非自行拍攝，所以有時垃圾車會自畫面消失，但凡是垃圾車出現時，機載電腦皆可自行鎖定。本段模擬實驗的運算效率與成功率如表3所示。



圖 35: 空拍影片模擬實驗 (順序為由左而右，由上而下)

表 3: 實驗效率與成功率統計

實驗項目	處理效率 (Hz)	成功率 (%)
螺絲起子實驗	20-30Hz	88.64%
空拍靜態物體鎖定實驗	20-30Hz	85.17%

在實驗中我們調整中值濾波與膨脹侵蝕的遮罩大小後，可讓其處理速度達到 30 Hz，其處理時間統計圖則如圖36所示。在空拍靜態物體鎖定實驗中，由實驗結果可以看出，在追蹤目標物時的成功率有達 85%

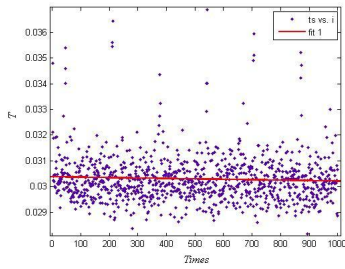


圖 36: 處理時間統計

4.2.4 空拍動態物體鎖定

最後實驗為一段由成功大學航太所 RMRL 實驗室所提供之影片。影片內容為由一架掛有攝影機的無人飛機進行拍攝，負責攝影的飛機下方有一架小型的無人飛機，為本次的追蹤目標。本次實驗目的為辨識並鎖定下方這架小型無人飛機，圖 37 為框選目標物與影像處理結果



圖 37: (左上) 無人飛機目標物擷圖 (右上) 框選目標物 (下) 目標物二值化處理結果

從圖37(下)的結果可以看出，本研究的所提出之自動決定閾值方法可以很有效的將大多數的背景濾除。但要注意的是，由於目標物非常小且不明顯，在選取上較為不易，若框選範圍過大，則背景顏色的色調值會取代目標物的平均色調，如此會造成造成電腦誤將背景認為是目標。表4為本次實驗的處理效率與成功率統計，由於目標物於影像上面積較微小，而且時常自畫面消失，因此目標物經過同樣的閾值做二值化處理或中值濾波時，很容易被濾除，造成系統鎖定雜訊。雖然如此，整段影片的成功率仍有 65% 左右，代表本研究所提出的目標物辨識方式非常有效。圖38為無人飛機辨識實驗結果。(完整影片請至 [28] 觀看)

表 4: 空拍動態物體鎖定實驗效率與成功率統計

實驗項目	處理效率 (Hz)	成功率 (%)
空拍動態物體鎖定實驗	20–23Hz	64.51%



圖 38: 空拍辨識無人飛機目標物實驗結果 (順序為由左而右，由上而下)

5 結論

本研究旨在利用 MATLAB 及視訊裝置，進行可見光域下的即時目標物的選取與辨識。此研究最困難之處，在於如何讓電腦自行決定二值化所需之閾值。本研究提出使用目標物色調平均值為中心點，再加減一倍標準差做為二值化的閾值範圍。此外，為了解決目標物可能擁有類似色調的狀況，本研究提出先以顏色判別後，再結合影像矩或粒子估測法進行形狀判別。為了使成果能應用在即時系統，本研究亦對處理時間進行探討。由實驗結果得知，本文所提出的方法，可在 MATLAB 平台上達到 30 Hz 的速度，且使用 deploytool 所包成的執行檔在單板電腦上執行也可以達到 20–30 Hz 的速度，因此可在單板電腦上達到 Real-Time 處理效果。由於本研究為了達成即時處理的目標，採用較簡單且易於計算之形狀辨識法；加上影像處理所遺留之雜訊，造成辨識成功率有時較低。雖然如此，大部份仍有 85% 以上的成功率，除非欲追蹤的目標實在太過不明顯。因此，本研究所提之演算法，不僅發展出新技術，使得電影情節中即時目標物選定與追蹤變為可行；亦驗證在此項研究中，可以完全在 MATLAB 平台上完成。

誌謝

本文作者特別感謝行政院國家科學委員會經由計畫編號 NSC-99-2221-E-032-013 對本研究挹注經費補助，亦非常感謝國立成功大學 RMRL 實驗室與 YOUTUBE 提供空拍影片。

參考文獻

- [1] 陳延銓, 應用 *MATLAB* 於視訊導航之研究, 碩士論文, 航空太空工程學系碩士班, 淡江大學, 台北, 2010.
- [2] 蔡博智, 影像追蹤方法應用在監控系統之研究, 碩士論文, 機械工程學系碩士班, 中原大學, 桃園, 2002.
- [3] 許璧蟬, 門禁監控即時辨識系統, 碩士論文, 電機工程學系碩士班, 國立中央大學, 桃園, 2002.
- [4] 李忠驊, 運用類神經網路於人臉表情辨識, 碩士論文, 資訊工程學系碩士班, 中原大學, 桃園, 2006.
- [5] 張皓超, 運用類神經網路的自動化視訊文字粹取, 碩士論文, 通訊工程學系碩士班, 大同大學, 台北, 2005.
- [6] 邱建明, 結合影像與文字辨識的網路色情過濾, 碩士論文, 資訊工程學系碩士班, 國立中央大學, 桃園, 2004.
- [7] François Chaumette, *Image Moments: A General and Useful Set of Features for Visual Servoing*, IEEE TRANSACTIONS ON ROBOTICS, VOL. 20, NO. 4, AUGUST, 2004.
- [8] 盧明智, 張沛鈞, 蔡政沛, 影像辨識即時物體追蹤系統, 碩士論文, 電子工程學系碩士班, 聖約翰科技大學, 台北, 2008.
- [9] Li Zongmin, Kunpeng Hou, Liu Yujie, Diao Luhong, Li Hua, *The shape recognition based on structure moment invariants*, International Journal of Information Technology, Vol. 12 No. 2 2006.
- [10] Hamidreza Zaboli, Mohammad Rahmati, Abdolreza Mirzaei, *Shape Recognition by Clustering and Matching of Skeletons*, JOURNAL OF COMPUTERS, VOL. 3, NO. 5, MAY 2008.
- [11] K. Mikolajczyk, A. Zisserman, C. Schmid, *Shape recognition with edge-based features*, British Machine Vision Conference, pp. 779–788, 2003.
- [12] Muharrem Mercimek, Kayhan Gulez, Tarik Velz Mumcu, *Real object recognition using moment invariants*, Sadhana Vol. 30, Part 6, pp. 765–775, December 2005.
- [13] Thomas Morwald, Michael Zillich, Markus Vincze, *Edge Tracking of Textured Objects with a Recursive Particle Filter*, International Conference on Computer Graphics and Vision, Moskau, Russland, 2005.
- [14] Rein van den Boomgaard, Richard van Balen, *Methods for fast morphological image transforms using bitmapped binary images*, Graphical Models and Image Processing, Volume 54, Issue 3, Pages 252–258, May 1992.
- [15] 邱顯強, 移動物偵測之影像硬體架構, 碩士論文, 電子工程系, 國立台灣科技大學, 台北, 2009.
- [16] Mathwork website, <http://www.mathworks.com/>.
- [17] Dan Simon, *Optimal State Estimation*, Wiley, New Jersey, 2006.
- [18] N. Metropolis and S. Ulam, *The Monte Carlo method*, Journal of the American Statistical Association, 44(247), pp. 335–341, September 1949.
- [19] 郎崇年, 以 *MATLAB* 為平台進行可見光域即時目標辨識, 碩士論文, 航空太空工程學系碩士班, 淡江大學, 台北, 2012.
- [20] 螺絲起子實驗影片, <http://goo.gl/wLGjd>.
- [21] 瓶蓋粒子濾波實驗, <http://goo.gl/Jn5iQ>.
- [22] 實體實驗影片, <http://goo.gl/HdSQX>.
- [23] 成本函數實驗影片, <http://goo.gl/xSM41>.
- [24] 戶外實驗, <http://goo.gl/MuNBW>.
- [25] 玩具車粒子濾波實驗, <http://goo.gl/QBXA>.
- [26] 成本函數混搭粒子濾波實驗, <http://goo.gl/6jo2X>.
- [27] 空拍模擬實驗影片, <http://goo.gl/U188u>.
- [28] 追飛機實驗, <http://goo.gl/cnxvO>.